

ZUR PROBLEMATIK DER VERWENDUNG
UNSTERILER BLUTENTNAHMESYSTEME

von
HARALD KOENIG
aus
KÖLN

1983 № 106





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546217_0100

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. Dr. H. B. Wuermeling

ZUR PROBLEMATIK DER VERWENDUNG UNSTERILER BLUTENTNAHMESYSTEME

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich - Alexander - Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
HARALD KOENIG
aus
KÖLN

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. V. Becker

Referent: Prof. Dr. H.-B. Wuermeling

Tag der mündlichen Prüfung: 14.07.1983

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A) EINLEITUNG	4
B) PROBLEMSTELLUNG	9
C) BESCHREIBUNG IN DEUTSCHLAND ZUR ZEIT ERHÄLTLICHER BLUTENTNAHMESYSTEME	10
I. <u>Systeme mit Kolben</u>	10
II. <u>Teilevakuierte Systeme</u>	13
D) IN-VITRO-VERSUCHE	19
1. Versuchsablauf	19
2. Versuchsergebnisse	20
E) IN-VIVO-VERSUCHE	24
1. Vorbemerkungen	24
2. Versuchsablauf	25
3. Versuchsergebnis	28
F) DISKUSSION	30
G) ZUSAMMENFASSUNG	34
H) LITERATURVERZEICHNIS	36

A) EINLEITUNG

Die Untersuchung von Blut- und Serumbestandteilen des Patienten bildet heutzutage eine der Grundlagen der Diagnosestellung für den Arzt. Voraussetzung hierfür ist die Blutentnahme. Während bis vor 10 Jahren dafür vorwiegend sterilisierbare Spritzen (z.B. Record-Spritzen) verwendet wurden, sind heute hauptsächlich Einmalspritzen und -kanülen im Gebrauch.

Seit einigen Jahren zielen die Bemühungen der Industrie auch darauf ab, spezielle Systeme nur für die Blutentnahme herzustellen. Gegenüber den Einmalspritzen haben diese Systeme den Vorteil, daß Substanzen wie Antikoagulantien oder Kaolin schon vorgelegt sind, und daß die Systeme gleichzeitig als Probenaufbewahrungsgefäß bzw. zum Teil auch als Zentrifugenröhrchen verwendet werden können. Dadurch wird die Blutentnahme vereinfacht, die Verwechslungsgefahr verringert sich, das Infektionsrisiko kann verkleinert werden und die Weiterverarbeitung im Labor wird erleichtert.

Am längsten im Gebrauch ist die "Venüle" von den Behringwerken. Bei ihr ist die Kanüle und das Probengefäß, in welchem Vakuum herrscht, steril. Sie findet vor allem bei der Blutentnahme zur Feststellung der Blutalkoholkonzentration Verwendung.

Bei den moderneren Systemen gibt es teilevakuierte und auch Systeme mit Kolben (Abb. 6, 7, 8; Beschreibung auf S. 13 ff.).

Während die Einmalspritzen steril sein mußten, da man mit ihnen ja nicht nur Blutentnahmen, sondern auch Injektionen durchführte, wird die Mehrzahl der neueren Blutentnahmesysteme mit unsterilen Probenröhrchen versehen, und man legt nur noch auf die Sterilität der Kanülen wert.

Bei einer Blutentnahme mit einem Blutentnahmesystem ist aber der nachfolgend beschriebene Mechanismus denkbar, wenn man von den physiologischen Druckverhältnissen der Gefäße des Armes ausgeht (Abb. 1).

LÖTTERLE und SCHELLMANN (1980) konnten in Versuchen zeigen, daß bei kräftigem Stauen des Oberarmes ein venöser Überdruck von bis zu 100 mm Hg ($\hat{=}$ 13 kPa) auftreten kann (Abb. 2). Sie zeigten, daß sich dieser im venösen System befindliche Überdruck auch einem Blutentnahmesystem mitteilt (Abb. 3, Abb. 4).

In den gebräuchlichen Blutentnahmesystemen verbleibt normalerweise nach Beendigung der Aspiration (entweder durch Druckausgleich oder durch die Endposition der Kolben) ein Luftvolumen von zwischen 1 und 2,5 ml. Der in der Vene herrschende Druck teilt sich diesem

Luftvolumen mit.

Bei einer regelrechten Blutentnahme löst man die Stau-
binde, bevor die Kanüle aus der Vene gezogen worden ist.
Die Dekompression führt zu einem plötzlichen Druckab-
fall in der Vene. Der im Blutentnahmesystem vorhandene
Druck wird nun zum Überdruck (Abb. 5). Wenn also ein et-
was größeres Luftvolumen im Blutentnahmesystem verblie-
ben war, so ist es möglich, daß durch die Dekompression
der Luft ein Teil des in der Spritze befindlichen Blu-
tes in die Vene zurückgedrückt wird. Somit würden auch
eventuell geringe Mengen in der Spritze vorgelegter Zu-
sätze in den Blutkreislauf gelangen und, falls unsteri-
le Blutentnahmesysteme benutzt werden, kontaminiertes
Blut in die Vene zurückfließen. Dabei muß natürlich die
in die Vene gepreßte Blutmenge größer sein, als das Tot-
raumvolumen der sterilen Kanüle.

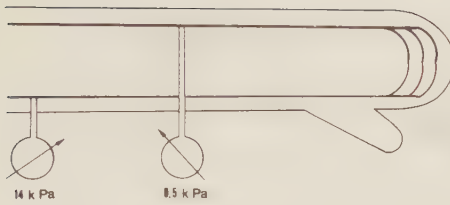


Abb. 1 Physiologische
Kreislaufverhältnisse
des Arms: arterieller
Mitteldruck 14 kPa, ve-
nöser Druck 0,5 kPa.

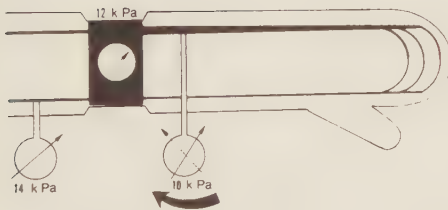


Abb. 2 Stauen des Ober-
arms mit einem Druck von
12 kPa. Anstieg des venö-
sen Drucks auf 10 kPa.

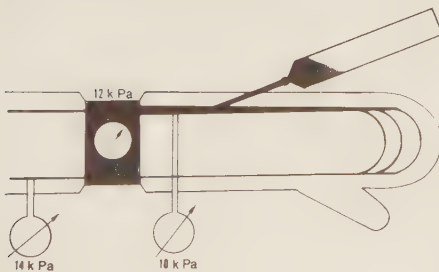


Abb. 3 Punktion der
gestauten Vene mit einem
Blutentnahmesystem.

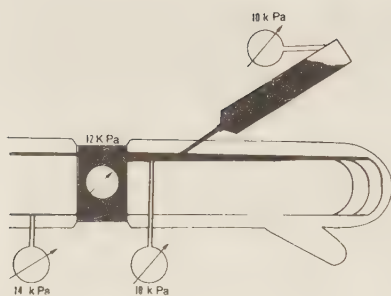


Abb. 4 Druckausgleich
der verbundenen Systeme.

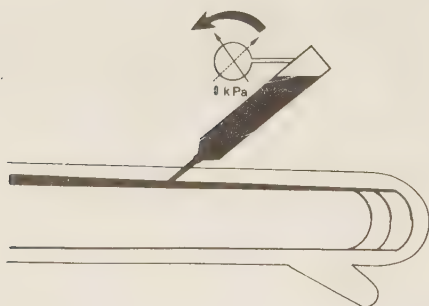


Abb. 5 Entstauen des
Arms: durch den Über-
druck im unsterilen
Blutentnahmesystem wird
Blut in die Vene gepreßt.

B) PROBLEMSTELLUNG

Ziel der vorliegenden Arbeit sollte sein, den geschilderten Mechanismus zunächst im in-vitro-Experiment und später durch in-vivo-Untersuchungen zu überprüfen. Dabei sollte insbesondere untersucht werden, unter welchen Bedingungen ein Rückstrom von Blut aus dem Entnahmesystem in die Vene stattfinden kann.

C) BESCHREIBUNG IN DEUTSCHLAND ZUR ZEIT ERHÄLTLICHER
BLUTENTNAHMESYSTEME

I. Systeme mit Kolben

Bei den Systemen mit Kolben (Abb. 6) wird zunächst die sterile Doppelkanüle an der Führungshülse befestigt und auf den Ansatz des Systems geschoben. Die Doppelkanüle durchsticht hierbei die Verschlussmembrane. Es sind aber auch noch Systeme ohne Verschlussmembrane mit Ansatz für die üblichen aufsetzbaren Kanülen erhältlich.

SARSTEDT: Sicherheits-Monovette

1. Sicherheits-Monovette für Serumgewinnung
mit trennschichtbildendem Granulat

Material der Probenröhrchen: Plastik

Größen: 5, 10, 25 ml

2. Sicherheits-Monovette mit Heparin

Material der Probenröhrchen: Plastik

Größen: 5, 10 ml

3. Sicherheits-Monovette mit EDTA di-Kalium

Material der Probenröhrchen: Plastik

Größen: 4, 5, 6, 10 ml

4. Sicherheits-Monovette mit Natriumfluorid

Material der Probenröhrchen: Plastik

Größe: 2 ml

5. Sicherheits-Monovette mit Citrat für

gerinnungsphysiologische Untersuchungen

Material der Probenröhrchen: Plastik

Größe: 5 ml

Enthält wahlweise 3,8 %ige tri-Natrium-
Citratlösung oder Citrat-Puffer

6. Sicherheits-Monovette mit Citrat für die Blut-
senkung

Material der Probenröhrchen: Plastik

Größe: 2 ml

Enthält 3,8 %ige Natrium-Citratlösung

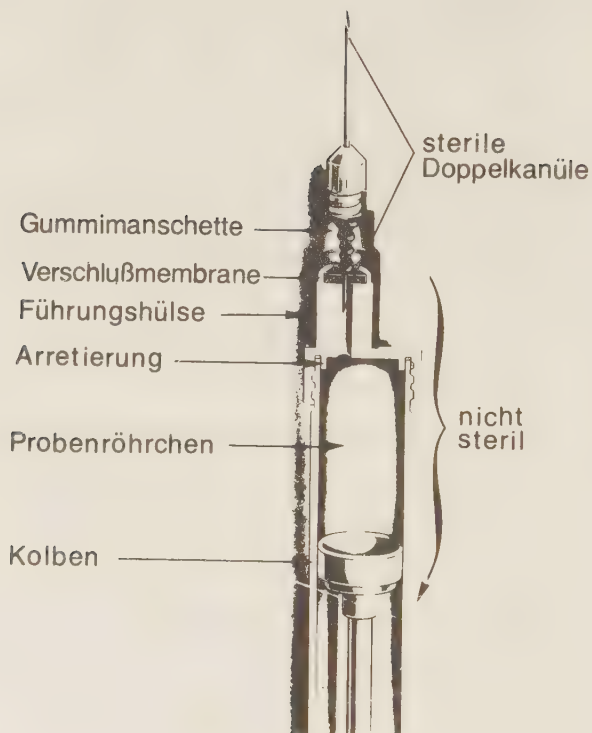


Abb. 6 Blutentnahmesystem mit Kolben

II. Teilevakuierte Systeme

Bei den teilevakuierten Systemen (Abb. 7, 8) wird zunächst die sterile Doppelkanüle auf die Führungshülse geschraubt. Dann erfolgt die Punktion der gestauten Vene. An einem Ende der Doppelkanüle befindet sich eine Gummimanschette, die den Austritt von Blut zunächst verhindert. Nun wird das teilevakuierte, unsterile Probenröhrchen aufgesteckt. Bis zum Druckausgleich wird Blut aspiriert. Je nach System und primär vorhandenem Vakuum verbleibt ein Luftvolumen von zwischen 1 und 2,5 ml.

1. GREINER: Vacuplast 2 (Abb. 7)

Blutentnahmesystem mit regulierbarem Vakuum, bestehend aus mehreren separaten Teilen:

- Kanüle: Doppelkanüle mit Gummimanschette in Sterilverpackung. Alternativ hierzu ein Spezialadapter mit Verschlußventil zum Einmalgebrauch, passend für alle Kanülengrößen des Luer-Systems.
- Führungshülse: mit exzentrisch angebrachtem, justierbarem Adapter zum Eindrehen der Kanüle und mit Federlasche zur Fixierung des eingeführten Entnahmeröhrchens. Die Führungshülse ist zum mehrmaligen Gebrauch bestimmt.

- Probenentnahmeröhrchen: präpariertes Einwegröhrchen aus Kunststoff, verschlossen durch eine Schraubkappe mit durchstechbarer Gummidichtung zum Evakuieren.

Material der Probenentnahmeröhrchen: Plastik

Größen: 5, 10 ml

Erhältlich ohne Zusatz oder mit folgenden vorgelegten Substanzen:

EDTA

Ammoniumheparinat

Natriumheparinat

Kaolin-Pulver

trennschichtbildendem Granulat

Natrium-Citratlösung

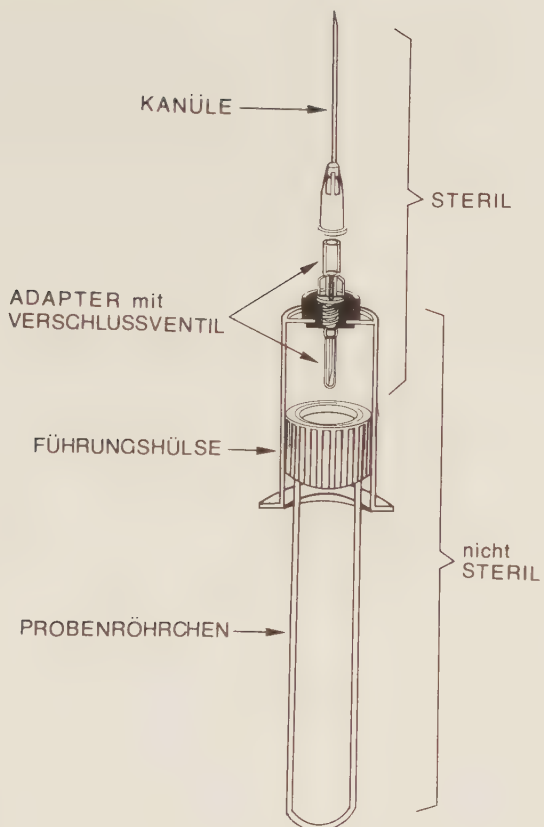


Abb. 7 Blutentnahmesystem der Firma Greiner

2. TERUMO: Venoject (Abb. 8)

Dieses Blutentnahmesystem besteht aus einem evakuier-
ten Probenröhrchen mit oder ohne Antikoagulans, einer
sterilisierten Einfach- oder Mehrfachentnahmekanüle
und einem Halter aus Plastik.

Material des Probenentnahmeröhrchens: Glas

Größen: 3, 5, 7, 10, 15 ml

Erhältlich ohne Silikon bzw. neutralsilikonisiert mit
und ohne Granulat oder mit folgenden Zusätzen:

Lithium-Heparin

EDTA(Na_2)-Puder

EDTA(K_2)-Puder

EDTA(K_3) flüssig

Natriumfluorid

Natriumcitrat-Solution

3. BRUNSWICK: Monoject (Abb. 8)

Material der Probenröhrchen: Glas

Größen: 1, 2, 2.7, 3, 4, 4.5, 5, 5.5, 7, 10, 15, 20 ml

Erhältlich ohne Zusatz mit und ohne Silikonisierung und
mit folgenden Zusätzen:

Na-Citratlösung

Na-Heparin

Ammonium-Heparin

EDTA(Na_2)-Puder

4. BECTON DICKINSON: Vacutainer (Abb. 8)

Material der Probenröhrchen: Glas

Größen: 5, 7, 10, 15 ml

Erhältlich neutral mit und ohne Silikonisierung und
mit folgenden Zusätzen:

Na-Heparin

Li-Heparin

Ammonium-Heparin

Na-Jodacetat

Na-Fluorid

Na-Citratlösung

ACD-Stabilisatorlösung

EDTA(Na₂)-Pulver

EDTA(K₃) - Lösung

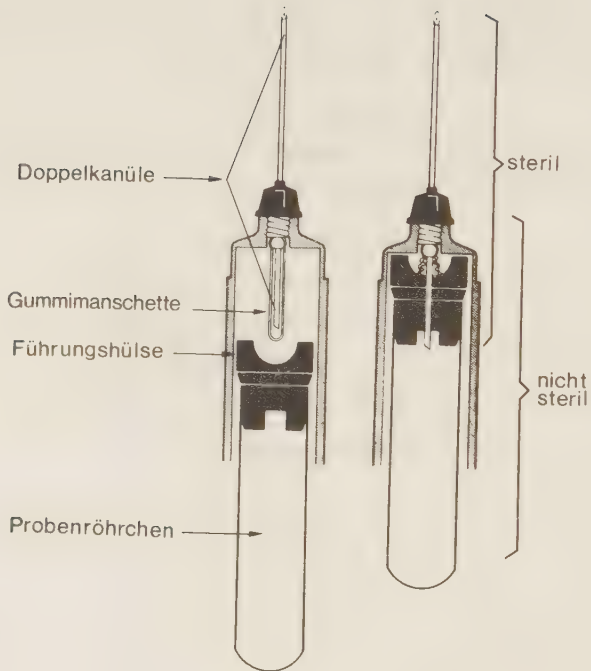


Abb. 8 Teilevakuiertes Blutentnahmesystem

D) IN-VITRO-VERSUCHE

Bei diesen Versuchen sollten die Druckverhältnisse in der Vene während der Stauung des Oberarms simuliert und dann eine "Blutentnahme" durchgeführt werden. Aus technischen Gründen wurde allerdings anstelle von Blut Wasser verwendet.

1. Versuchsablauf

In einer Infusionsflasche, welche ca. 500 ml Wasser und 60 ml Luft enthielt, wurde durch eine zweite, höher gehängte und mit dieser durch Infusionsbesteck verbundenen Flasche ein Überdruck von 60 mm Hg ($\hat{=}$ 8 kPa) erzeugt. Mit einem Quecksilbermanometer wurde dieser Druck überprüft. In Analogie zu den in-vivo-Verhältnisse stellt die "Überdruckflasche" das gestaute venöse System des Armes dar. Mit Spritze und Kanüle wurde durch den Gummistopfen in die Flasche gestochen, zunächst eine definierte Menge Luft aspiriert und anschließend bis zum Nennvolumen der Spritze Wasser aus der Überdruckflasche aufgezogen. Nun wurde die Kanüle ein Stück zurückgezogen, so daß ihre Spitze nicht mehr in das Wasser der Infusionsflasche eintauchte. Dann wurde mit einem Ventil der Überdruck in der Flasche ausgeglichen und die aus der Kanüle austretenden Tropfen gezählt. Der Versuchsaufbau ist schematisch in Abb. 9 dargestellt. Der Versuch wurde mit

unterschiedlich großen Spritzen (2 ml, 5 ml, 10 ml, 20 ml), unterschiedlichen Nadeln (Nr. 1, 2, 12, 18) und unterschiedlichen Luftvolumina (0,5 ml, 1 ml, 2 ml) durchgeführt. Tabelle 1 gibt das durch Vergleichswägung von leeren und mit Wasser gefüllten Kanülen ermittelte Kanülenvolumen sowie die diesem Volumen entsprechende Tropfenzahl an.

Tabelle 1: Ermittlung der Kanülenvolumina

	Anzahl der Messungen	Volumen (μ l) (Mittelwert)	dem Volumen entsprechende Tropfenzahl
Kanüle Nr. 1	5	40	3
Kanüle Nr. 2	5	32	3
Kanüle Nr. 12	5	28	2
Kanüle Nr. 18	5	15	1

2. Versuchsergebnisse

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Da die Kanüle selbst ja steril ist, ist das Blut, welches sich in ihr befindet, auch nicht verunreinigt. Erst, wenn Blut aus der unsterilen Spritze zurückfließt, kann es zur Kontamination kommen. Deswegen muß das Pendelblutvolumen

der Kanüle abgezogen werden. Die in der Spalte "ausgetretene Flüssigkeitsmenge" angegebenen Volumina sind daher um das in der Kanüle befindliche Pendelvolumen vermindert.

Aus Tabellenwerken für die Umrechnung von Gasvolumina (CIBA GEIGY, 1968) kann man ablesen, daß Luft bei einem Überdruck von 60 mm Hg ($\approx$ 8 kPa) auf 92 % ihres Ausgangsvolumens komprimiert wird, wenn der atmosphärische Druck 96 kPa und die Raumtemperatur 20° C beträgt und die Luft wasserdampfgesättigt ist.

Das würde bedeuten, daß bei einem Luftvolumen von 1 ml nach Abzug des Pendelvolumens der Kanüle Nr. 18 maximal 67 und bei einem Luftvolumen von 2 ml maximal 147 μ l Flüssigkeit aus der Spritze in die Flasche zurückfließen. Diese Werte wurden, wie aus Tabelle 2 ersichtlich, im allgemeinen nicht erreicht.

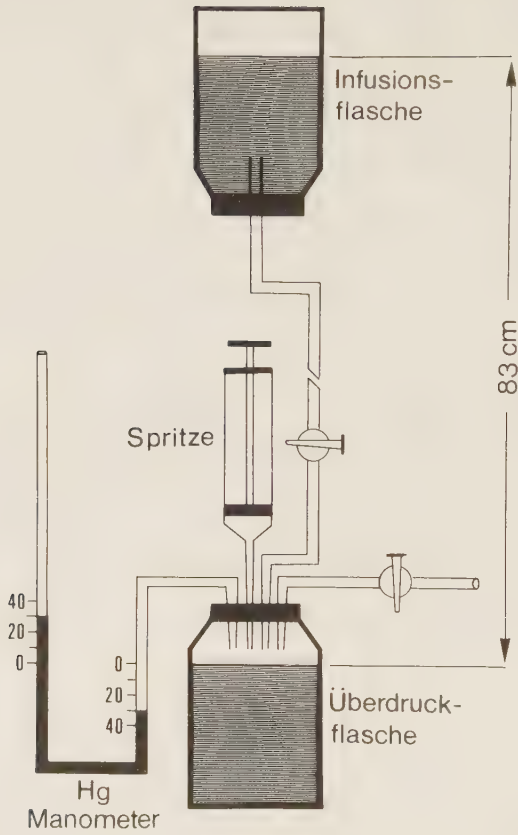


Abb. 9 Versuchsaufbau für die in-vitro-Versuche

Tabelle 2: Aus der Spritze in die "Vene" zurückgeflossene Flüssigkeitsmenge bei verschiedenen Spritzengrößen, Kanülenarten und Luftvolumina

Spritzen- größe	Kanüle No.	Luft- volumen	Tropfen- zahl	ausgetretene Flüssigkeits- menge ^{x)}
(ml)		(ml)		(µl)
2	1	0,5	3	0
2	1	1,0	6	39
2	2	0,5	3	0
2	2	1,0	5	26
2	12	0,5	3	0
2	12	1,0	7	65
2	18	0,5	5	52
2	18	1,0	7	78
5	1	1,0	2	0
5	1	2,0	8	65
5	2	1,0	6	39
5	2	2,0	11	104
5	12	1,0	7	65
5	12	2,0	11	117
5	18	1,0	6	65
5	18	2,0	11	130
10	1	1,0	5	26
10	1	2,0	7	52
10	2	1,0	3	0
10	2	2,0	7	52
10	12	1,0	4	26
10	12	2,0	11	117
10	18	1,0	6	65
10	18	2,0	10	117
20	1	1,0	5	26
20	1	2,0	8	65
20	2	1,0	4	13
20	2	2,0	8	65
20	12	1,0	7	65
20	12	2,0	10	104
20	18	1,0	0	0
20	18	2,0	4	39

^{x)} Das Volumen der Kanüle bereits abgezogen. Die Angaben der Flüssigkeitsmenge beziehen sich auf das aus der Spritze in die "Vene" zurückgeflossene Volumen.

E) IN-VIVO-VERSUCHE

1. Vorbemerkungen

Zur Bestätigung eines Rückflusses von Blut aus dem Blutentnahmesystem in die Vene ist es erforderlich, daß eine im Blutentnahmesystem vorgelegte Substanz im Körper nachgewiesen wird.

Aus den Vorversuchen war bekannt, daß unter realistischen Verhältnissen beim Vorliegen von 2 ml Luft in der Spritze nur sehr geringe Mengen, nämlich maximal 130 μ l Flüssigkeit aus der Spritze in die Infusionsflasche zurückgeflossen waren. Berücksichtigt man ferner noch, daß das aspirierte Blut noch verdünnt wird, dann ergeben sich erhebliche Probleme bezüglich der Nachweisbarkeit der in der Spritze befindlichen Substanz im Körper der Versuchsperson.

Als einzig gangbare und dabei gleichzeitig elegante Methode bot sich die Kontamination der Spritzen mit radioaktivem Material an. ^{99m}Tc -Pertechetat erschien als besonders geeignet, da es schnell und selektiv von der Schilddrüse als kleinem Volumen angereichert wird. Gegenüber einem im Körper gleichmäßig verteiltem Nukleid ergeben sich dadurch erhebliche Vorteile. Die Anwendung auch geringer Mengen ^{99m}Tc -Pertechetat nur zu experimen-

tellen Zwecken und ohne Indikation für die Versuchspersonen verbietet sich. Darum wurden die Versuche nur an solchen Personen vorgenommen, bei denen ein Schilddrüsenszintigramm aus diagnostischen Gründen durchgeführt werden mußte. Die Gesamtdosis wurde auf zwei i.v.-Gaben verteilt; die erste -minimale- Gabe diente zur Überprüfung des postulierten Mechanismus, bei der zweiten -eigentlichen- Gabe wurde dann die Restdosis appliziert.

Bei den anschließend beschriebenen Versuchen sollte insbesondere überprüft werden, welche minimale Zeit zwischen Beendigung der Aspiration und Lösen der Staubinde sowie Lösen der Staubinde und Entfernen der Kanüle aus der Vene notwendig sind, um den Mechanismus eintreten zu lassen, und welche Luftvolumina in der Spritze dafür mindestens erforderlich sind.

2. Versuchsablauf

Abb. 10 gibt den Ablauf des Versuchs schematisch wieder. In eine 10-ml-Spritze mit Kanüle Nr. 1 wurde eine Aktivität von 10 bzw. 20 mCi ^{99m}Tc -Pertechnetat in 1 ml physiologischer Kochsalzlösung vorgelegt. Die Kolben der Spritzen wurden so weit zurückgezogen, daß definierte Luftvolumina von 0,5 ml, 1 ml und 2 ml vorlagen. Anschließend wurde die Vene gestaut und Blut aspiriert.

Zwischen der Beendigung der Aspiration und Lösung der Stauung (t_1 in Abb. 10) sowie Lösung der Stauung und Entfernung der Kanüle aus der Vene (t_2 in Abb. 10) wurden definierte Zeiten (20 sec, 10 sec, 5 sec) eingehalten.

Vor der Blutentnahme wurde eine Aktivitätsmessung der Schilddrüse mit einem kollimierten Szintillationszähler über 2 Minuten durchgeführt (Schilddrüsenabstand 30 cm).

20 Minuten nach Blutentnahme (t_3) wurde eine zweite Messung der Schilddrüse unter den gleichen Bedingungen durchgeführt. Abschließend wurde die diagnostische Restdosis appliziert.

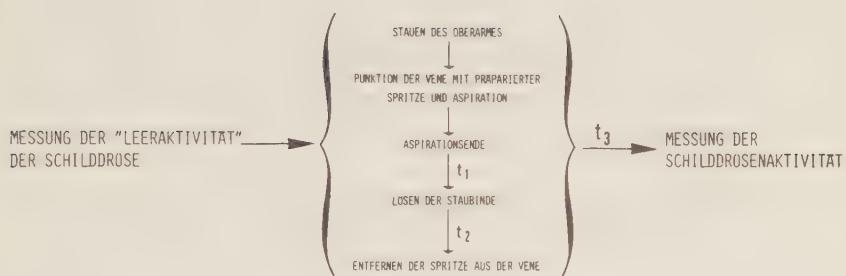


Abb. 10.

In-vivo-Versuchsablauf, schematisch

3. Versuchsergebnisse

Die Ergebnisse der 17 Versuche sind in Tabelle 3 angegeben. Als positiv bezüglich des postulierten Mechanismus wurde eine Erhöhung der Impulsrate auf mehr als das Dreifache des Leerwertes angenommen. Eine Erhöhung der Impulsrate auf mehr als das Doppelte aber weniger als das Dreifache wurde als fraglich positiv für den Mechanismus gewertet.

In Tabelle 3 sind Alter und Geschlecht der Versuchspersonen, die Aktivität, sowie die Luftmenge in der Spritze, t_1 und t_2 (Abb. 10), die Grundaktivität der Schilddrüse und deren Aktivität 20 Minuten nach der "Blutentnahme" angegeben.

Tabelle 3: Versuchsergebnisse

Tabelle 2
VERSUCHSERGEBNISSE

Versuchs- Person Nr.	Alter (Jahre)	Ges. hiech	Aktivität in Spritze (µCi)	Luftmenge in Spritze (ml)	t ₁ (sec)	t ₂ (sec)	Grundaktivität der Schilddrüse (Impulse/2 min)	Aktivität der Schilddrüse 20 min nach Nucleonahme (Impulse/2 min)	Eintritt des Mechanismus in fragl. Meß
1	47	w	10	2	30	30	1 624	16 019	x
2	42	w	10	2	30	30	1 422	7 249	x
3	35	w	10	2	30	30	1 809	11 286	x
4	41	w	10	2	10	10	1 381	8 245	x
5	59	m	10	2	10	10	1 281	9 083	x
6 *	72	m	5	2	10	10	1 357	1 234	x
7	70	w	10	1	10	10	1 227	2 166	x
8	56	w	10	1	10	10	1 178	6 680	x
9	65	w	10	1	10	10	1 116	10 597	x
10	59	w	20	1	5	5	1 144	9 839	x
11	41	w	20	1	5	5	1 126	7 340	x
12	34	m	20	1	5	5	1 418	5 292	x
13	29	w	20	0,5	5	5	1 287	2 484	x
14	40	w	20	0,5	5	5	1 387	1 923	x
15	35	w	20	0,5	5	5	1 276	2 699	x
16	58	w	20	0,5	5	5	1 474	1 808	x
17	42	w	20	0,5	5	5	1 371	1 758	v

* subtotale Strumektomie 1974 und 1978

F) DISKUSSION

Sowohl die in-vitro-Experimente, wie vor allem die in-vivo-Untersuchungen haben gezeigt, daß der von LÖTTERLE und SCHELLMANN (1980) angegebene Mechanismus geeignet ist, beim Vorliegen eines entsprechenden Luftvolumens in einem Blutentnahmesystem oder in der Spritze aus diesen Systemen Blut in die Vene zurückzupressen. Die zurückfließende Blutmenge ist dabei oft größer als das Pendelblutvolumen der Kanüle. Sind die Systeme unsteril, so kann es zur Infektion kommen.

Zwei Ergebnisse der in-vivo-Versuche sind besonders hervorzuheben:

1. Auch beim Vorliegen von nur 1 ml Luft im System tritt der angegebene Mechanismus regelmäßig ein.
2. Der Mechanismus ist schon bei zügiger Blutentnahme (Zeit zwischen Ende der Aspiration und Entstauung und zwischen Entstauung und Entfernen der Kanüle jeweils 5 Sekunden)nachzuweisen.

Bei den Blutentnahmesystemen sind die nach Ende der Aspiration verbleibenden Luftvolumina im allgemeinen größer als 1 ml, sodaß häufig kontaminiertes Blut aus der Spritze in die Vene zurückfließen wird. Die theoretisch erreichbare Flüssigkeitsmenge wurde bei den in-vitro-

Versuchen jedoch nur selten erreicht. Grund dafür sind vor allem Undichtigkeiten im System.

Weiterhin muß bedacht werden, daß die Systeme häufig mit gerinnungshemmenden Mitteln und anderen Substanzen, welche auch zu einem geringen Prozentsatz in die Vene zurückfließen können, präpariert sind. Bei zunächst sterilen Spritzen können auf diese Weise nicht streng keimfreie Zusätze (z.B. Natriumcitrat) in den Blutkreislauf gelangen.

Da bei den evakuierten Blutentnahmesystemen die nach Beendigung der Aspiration verbleibende Luftmenge vom nicht ganz konstant zu haltenden Ausgangsvakuum abhängig ist, wurden die in-vitro- wie die in-vivo-Versuche mit Spritzen durchgeführt, bei welchen die Luftvolumina eindeutig eingestellt werden konnten.

Bei der Herstellung von Plastikmaterialien wird zwar eine gewisse Keim a r m u t dadurch erreicht, daß einige Produktionsschritte bei höheren Temperaturen durchgeführt werden, eine Keim f r e i h e i t jedoch könnte nur durch Sterilisation mit ionisierenden Strahlen gewährleistet werden.

Glasröhrchen dürften nach dem Schmelzvorgang weitgehend steril sein; auf Keimfreiheit der dazugehörigen Verschlußstopfen wird jedoch keinen Wert gelegt.

Somit ist die Möglichkeit einer Infektion bei der Blutentnahme mit unsterilem System stets gegeben.

Die Inkorporation von Keimen dürfte bei der Blutentnahme mit einem unsterilen System im allgemeinen keine besonderen Folgen haben, sofern nicht besonders virulente Keime in den Blutkreislauf gelangen. Bei schwerstkranken Patienten mit Abwehrschwäche dagegen können jedoch auch weniger problematische Keime in geringer Konzentration zu einer Sepsis führen.

Wenn auch das Infektionsrisiko für den Einzelnen als relativ gering anzusehen ist, so muß jedoch bei der millionfachen Verwendung unsteriler Blutentnahmesysteme immer wieder mit einer Infektion gerechnet werden.

Auch aus grundsätzlichen ethischen Erwägungen muß bei diagnostischen Eingriffen, wie sie auch die Blutentnahme darstellt, selbst das geringste Risiko für den Patienten unbedingt vermieden werden.

Deshalb ist es zwingend erforderlich, die Blutentnahmesysteme nur noch sterilisiert und einzeln verpackt auf den Markt zu bringen.

Die Problematik der Spritzeninfektion bei der Reiheninjektion verschiedener Personen mit einer Spritze - wobei jeweils nur die Kanüle gewechselt wird - hat HUGHES bereits 1946 erkannt. Durch den Überdruck der Gewebsflüs-

sigkeit im Bereich der Injektionsstelle kommt es nach Abschluß der Injektion und beim Herausziehen der Kanüle aus dem Gewebe zum Eintritt von Gewebsflüssigkeit in das Kanüleninnere. Beim Abziehen der Kanüle vom Konus entsteht ein Vakuum zwischen Kanülenansatz und Konus. Die Flüssigkeit im Kanüleninneren strömt zum Konus und infiziert den Spritzenraum. Weitere Untersuchungen über Infektionsrisiken beim mehrfachen Gebrauch von Spritzen (KNORR et al. 1951) sowie Zylinderampullensystemen (GRÄF 1961, GRÄF 1981) zeigten, daß nicht nur eine sterile Kanüle, sondern auch jeweils eine sterilisierte Spritze bzw. Zylinderampulle für jede Injektion zu verwenden ist.

Die in der vorliegenden Arbeit aufgezeigten Ergebnisse zwingen nun, diese Regel auch für die Blutentnahme einzuhalten.

G) ZUSAMMENFASSUNG

Venenblutentnahmesysteme sind unsterile, entweder mit Kolben versehene oder teilevakuierte Röhrchen, welche auf eine in die Vene eingeführte Doppelkanüle aufgesteckt werden. Wenn die Blutentnahme entweder durch Ausgleich des Vakuums oder durch die Endposition des Kolbens beendet ist, so könnte sich - legt man die Versuchsergebnisse von LÖTTERLE und SCHELLMANN (1980) zugrunde - der wegen der Stauung in der Vene herrschende Überdruck auch im Blutentnahmesystem aufbauen.

Im allgemeinen verbleiben in den Entnahmesystemen Luftvolumina von zwischen 1 und 2,5 ml, wenn die Aspiration beendet ist. Beim Lösen der Staubinde würde die Dekompression dieser im System verbliebenen Luft dann einen Rückstrom von Blut aus dem unsterilen Entnahmesystem in die Vene verursachen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, diesen Mechanismus in in-vitro-Versuchen zu verifizieren, und ihn am Menschen zu bestätigen.

Bei den in-vitro-Vorversuchen wurden die Druckverhältnisse des gestauten Oberarms durch Erzeugen von Überdruck in zum Teil mit Wasser gefüllten Infusionsflaschen simuliert.

In Reihenversuchen wurden dann mit Spritzen aus dieser Flasche definierte Luft- und Wassermengen aspiriert. Nach Ausgleich des Überdrucks der Flasche wurde die aus der Spritze austretende Flüssigkeitsmenge registriert. Sie war im allgemeinen größer als das Pendelvolumen der Kanüle.

Nachdem der Mechanismus durch in-vitro-Versuche bestätigt worden war, konnte in den in-vivo-Untersuchungen mit ^{99m}Tc -Pertechnetat-kontaminierten Spritzen gezeigt werden, daß bei zügiger Blutentnahme und bei Vorliegen von nur 1 ml Luft stets ein Rückfluß von Blut aus der Spritze in die Vene zu beobachten war.

Dazu war die Aktivität der Schilddrüse vor und 20 Minuten nach einer solchen Blutentnahme mit einer radioaktiv kontaminierten Spritze mit einem kollimierten Szintillationszähler im Abstand von 30 cm über 2 Minuten registriert worden.

Diese Versuchsergebnisse ziehen die dringende Forderung nach sich, nur noch sterilisierte Einmalblutentnahmesysteme und -spritzen auf den Markt zu bringen.

Ebenso sollte man sich vergegenwärtigen, daß derselbe Mechanismus auch zu einer Infektion führen kann, wenn nicht streng keimfreie Zusätze in zunächst sterilen Spritzen zur Blutentnahme vorgelegt wurden.

H) LITERATURVERZEICHNIS

DOCUMENTA GEIGY:

Wissenschaftliche Tabellen. (1968)

GRÄF, W.:

Infektionsrisiko durch Weiterverwendung "angebrauchter"
Zylinderampullen bei der zahnärztlichen Lokalanästhesie.
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. 174, 1 (1981)

GRÄF, W.:

"Spritzeninneninfektion" beim Zylinderampullensystem.
Das Deutsche Zahnärzteblatt 11, 12 (1961)

HUGHES, R.:

Post-Penicillin Jaundice.

Br. Med. J. 11, 685 (1946)

KNORR, M., J. BORNEFF und W.O. GROSS:

Erkennung und Verhütung der Spritzeninneninfektion.
Münch. med. Wschr. 93, 64 (1951)

LÖTTERLE, J. und B. SCHELLMANN:

Unbekannte Gefahr bei Aderlaß mit Unterdruckflaschen:
Luftembolie.

Z. Rechtsmed. 85, 247 (1980)

Herrn Professor Dr. H.-B. Wuermeling bin ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes an seinem Institut, die Durchsicht der Arbeit und für die Übernahme des Referates außerordentlich zu Dank verpflichtet.

Herrn Dr. J. Lötterle danke ich für die Überlassung des Themas und seine tatkräftige und stets gerne gewährte Unterstützung bei der Durchführung der experimentellen Arbeiten.

Herrn Professor Dr. F. Wolf bin ich für das großzügige Entgegenkommen, in seinem Institut die nuklearmedizinischen Versuche durchführen zu dürfen, sehr dankbar.

Lebenslauf

Am 17.05.1954 wurde ich als Sohn des Geschäftsführers Gerd Koenig und seiner Ehefrau Ingrid, geb. Labes, in Köln am Rhein geboren.

Von September 1961 bis Juni 1965 besuchte ich die Dreikönigenschule und anschließend bis Juni 1974 das Theodor-Schwann-Gymnasium in Neuss am Rhein. Das Abitur bestand ich am 22.06.1974.

Vom 01.07.1974 bis zum 31.03.1976 leistete ich meinen Wehrdienst bei der Bundeswehr ab und begann im Wintersemester 1975/76 mit dem Studium der Medizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Das Physikum bestand ich am 25. August 1978.

Die Ärztliche Prüfung wurde am 26.10.1982 bestanden.

Am 10.11.1982 erhielt ich die Approbation.

